

控释尿素减量施用的水稻产量效应研究

李敏^{1,2}, 郑仁兵³, 韩上¹, 雷之萌², 武际^{1*} (1. 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 安徽合肥 230031; 2. 安徽农业大学, 安徽合肥 230036; 3. 安徽省霍山县农业技术推广中心, 安徽霍山 237200)

摘要 [目的]为明确水旱轮作区稻田控释尿素适宜减施量。[方法]以普通尿素常量分次施用为对照,研究控释尿素减量施用对水稻产量和经济效益的影响,明确水稻生产上控释尿素较普通尿素常规分次施用最佳减施量,为控释尿素在水稻生产上合理施用提供理论依据。[结果]控释尿素减施20%较普通尿素显著提高水稻产量,增幅达4.7%,超过此减施量水稻产量则显著降低。控释尿素减施20%处理通过提高水稻产量构成中的有效穗数和穗粒数来提高水稻产量。经济效益以控释尿素减施20%处理最高,较普通尿素处理产值增加4.7%,纯收入增加5.7%。控释尿素减量施用各处理较普通尿素均能有效提高水稻产投比。综合水稻产量和经济效益结果,认为在水旱轮作区习惯施氮水平基础上,施用控释尿素通过适当降低氮肥用量能促进水稻增产增效,以减氮20%施用控释尿素,在保证水稻产量的同时,能有效增加水稻经济效益。[结论]该研究可为水稻控释尿素减量施用提供理论基础。

关键词 控释尿素;水稻;产量;经济效益

中图分类号 S143 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)22-0083-02

Effects of Application Reduction of Controlled-release Urea on Yield of Rice

LI Min^{1,2}, ZHENG Ren-bing³, HAN Shang¹, LEI Zhi-meng², WU Ji^{1*} (1. Institute of Soil and Fertilizer, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031; 2. Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036; 3. Huoshan County Center of Agri-Technology, Huoshan, Anhui 237200)

Abstract [Objective] In order to determine the suitable controlled-release urea application rate of the rice field in paddy-upland rotation area. [Method] Taking fractionated application conventional urea as control, a field experiment was conducted to investigate the effects of controlled-release urea reduction rate on yield and economic benefit of rice with the purpose of providing the farmers with scientific basis in promoting reduction of controlled-release urea application rate. [Result] The treatment of controlled-release urea reduction 20% significantly increased the yield of rice by 4.7%, compared with conventional urea split. The yield of rice would significantly decrease, while the controlled-release urea reduction rate exceeded 20%. Controlled-release urea reduction 20% could increase the effective panicle number and grain number per spike. Economic benefit of controlled-release urea reduction 20% was the highest, and the output value and net income were increased by 4.7% and 5.7% than those of conventional urea, respectively. Controlled-release urea reduction could effectively improve ratios of output to input for rice. Rational application reduction of controlled-release urea can increase rice yield and economic benefit. It is proposed that though the controlled-release urea of basic fertilizer, 20% nitrogen reduction based on local custom fertilization levels can significantly increase economic benefit in the paddy field while maintaining the yield of rice. [Conclusion] The research can provide theoretical basis for application reduction of controlled-release urea.

Key words Controlled-release urea; Rice; Yield Economic benefit

氮素作为作物生长必需大量营养元素之一,是实现水稻高产稳产的最重要营养元素,在水稻产量形成和品质改善等方面具有举足轻重的作用^[1]。在水稻生产中,农民为了提高产量,一味地增加氮肥施用量,水稻氮肥施用量问题普遍存在^[2-3]。水稻大量投入氮肥,不仅造成后期倒伏、病虫害加剧、籽粒充实度下降影响产量^[4],而且会明显降低氮肥效率,通过径流、渗漏方式进入水环境形成农业面源污染,对环境产生巨大的压力^[5-6]。

控释尿素作为一类高效氮肥,与普通尿素相比,具有减少氮素损失、提高氮素效率和环境友好的特点,越来越受到国内外学者的广泛关注^[7]。近年来,控释尿素的研究发展迅速,但在中国没有达到规模化应用,限制其推广的主要原因因为价格因素。以往研究多见于单独施用控释尿素及控释尿素和普通尿素配施^[8-9],而控释尿素减量施用研究很少报道。该研究通过田间试验分析水旱轮作区土壤和气候条件

下,控释尿素不同减施量对水稻产量和经济效益的影响,旨在为水旱轮作区水稻控释尿素合理减量施用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2016年5—10月在安徽霍山县但家庙镇进行,试验地坐标为116°25′03.9″E、31°27′16.2″N。试验地土壤类型为潜育型水稻土紫泥田,0~20 cm土层养分含量为:有机质32.3 g/kg,全氮1.37 g/kg,碱解氮82.0 mg/kg,有效磷19.2 mg/kg,速效钾98.0 mg/kg, Ca 1 570.2 mg/kg, Mg 226.3 mg/kg, Fe 67.4 mg/kg, Cu 5.84 mg/kg, Mn 21.6 mg/kg, Zn 1.56 mg/kg, pH 5.5。

1.2 试验设计 试验共设5个氮肥处理。处理①,100% N量普通尿素;处理②,减氮20%控释尿素;处理③,减氮30%控释尿素;处理④,减氮40%控释尿素;处理⑤,减氮50%控释尿素。100% N肥用量为180 kg/hm²,普通尿素按基肥:分蘖肥:穗肥5:3:2分次施用,控释尿素基肥一次性施用。各处理等量施用磷钾肥,磷肥作基肥一次性施用, P₂O₅ 用量72 kg/hm²;钾肥按基肥:穗肥6:4分次施用, K₂O 用量108 kg/hm²。3次重复,随机区组排列。小区面积20 m² (4 m×5 m),2016年5月3日育苗,6月10日移栽,株距13 cm,行距30 cm,密度27万穴/hm²,6月20日追分蘖肥,7月26日追穗肥,9月28日收获。田间管理与当地习惯一致。

基金项目 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201503122);安徽省重点研究与开发计划项目(1704e1002237);安徽省农业科学院院长青年创新基金项目(16BI019)。

作者简介 李敏(1979—),女,安徽阜阳人,在读博士研究生,助理研究员,从事新型肥料研究。*通讯作者,研究员,博士,从事作物高效施肥研究。

收稿日期 2017-06-23

1.3 供试材料 控释尿素为树脂包膜控释尿素,N 含量 42%,控释期 90 d,山东金正大生态股份有限公司生产;普通尿素为颗粒状尿素,含 N 46%,中盐安徽红四方股份有限公司生产;磷肥为粉末状过磷酸钙,P₂O₅ 含量 12%,铜陵市金磷复合肥有限责任公司生产;钾肥为粉末状红色氯化钾,K₂O 含量 60%,俄罗斯产。供试水稻品种为兴隆 1 号。

1.4 样品采集与测定 土壤基础样品在水稻试验开始前,以整个试验田块为采样单元,采用“S”型取样的方法在试验田块内采集 0~20 cm 土层 5 个点土样,混匀风干过筛后备用。按常规方法进行养分检测^[10]。水稻成熟后实收每小区产量,同时每小区采 3 穴地上部植株进行室内产量构成要素考查。

1.5 数据处理 试验数据利用 Excel 2003 软件进行计算处理,采用 SPSS 17.0 处理软件进行数据的统计分析,结果则采用 LSD 法在 $P<0.05$ 水平上进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对水稻最高分蘖期苗情指标的影响 由表 1 可知,水稻苗高以控释尿素减量 20% 处理最高,农民习惯 100% N 量普通尿素与控释尿素减量 20% 基本相当,且控释尿素随着减施量的增加苗高呈降低趋势。分蘖数随着控释尿素减施量的增加呈降低趋势,以控释尿素减量 20% 处理最高,与 100% N 量普通尿素相当。最大叶片面积长×宽×叶形系数直接反映水稻叶面积的大小,进而影响叶片光合作用,各施氮处理以控释尿素减量 20% 处理最高,与 100% N 量普通尿素相当。上述水稻最高分蘖期苗情指标结果充分说明,减施一定量控释尿素水稻苗高、分蘖数和最大叶片长×宽较 100% N 量普通尿素不降低,以减施量 20% 最佳,超过此

减施范围则明显降低。

表 1 不同施肥处理对水稻最高分蘖期苗情指标的影响
Table 1 Effects of different fertilizer treatment on seedling index of rice

处理 Treatment	苗高 Plant height cm	分蘖数 Tiller number 个/穴	最大叶片长×宽 Maximum leaf Length×Width cm×cm
①	46.3	20.6	25.7×1.2
②	46.5	20.7	25.8×1.2
③	45.3	20.5	25.5×1.2
④	44.6	19.2	25.2×1.1
⑤	44.6	18.3	24.8×1.1

2.2 不同施肥处理对水稻产量及其产量要素的影响 由表 2 可知,各施氮处理以控释尿素减施 20% 水稻产量最高,显著高于其他处理,较 100% N 量普通尿素处理增产 450 kg/hm²,增幅达 4.7%。控释尿素其他减施量处理较普通尿素处理水稻均减产,且随着减施比例增加水稻产量显著减少。说明控释尿素减施一定量较普通尿素水稻不减产,该试验控释尿素减施 20% 较普通尿素水稻不减产,且能达到一定程度增产。各施氮处理主要影响水稻产量构成因素中的有效穗和穗粒数,株高、穗长、千粒重和结实率各处理间无显著性差异。有效穗以普通尿素最高,与控释尿素减量 20% 相当,两者显著高于其他控释尿素处理。穗实粒数以控释尿素减量 20% 最高,与普通尿素处理相当,两者间无显著性差异,均显著高于控释尿素其他减量处理。说明控释尿素减施 20% 通过提高水稻有效穗和穗实粒数来提高产量。

表 2 不同施肥处理水稻产量及产量构成
Table 2 Yield and yield components of different fertilizer treatment for rice

处理 Treatment	产量 Yield kg/hm ²	有效穗 Effective panicle 万穗/hm ²	株高 Plant height cm	穗长 Ear length cm	穗实粒数 Grain numbers per ear 粒	千粒重 1 000-grain weight g	结实率 Seed setting rate %
①	9 505 b	267.0 a	124.9 a	26.6 a	162 a	26.6 a	95.3 a
②	9 955 a	264.0 a	125.0 a	27.3 a	168 a	26.6 a	95.9 a
③	9 171 c	243.0 b	125.4 a	25.5 a	156 b	26.6 a	94.5 a
④	9 005 c	246.0 b	123.5 a	26.2 a	156 b	26.6 a	94.0 a
⑤	8 471 d	234.0 b	124.6 a	26.2 a	143 c	26.6 a	92.9 a

2.3 不同施肥处理对水稻经济效益的影响 由表 3 可知,水稻产值以控释尿素减施 20% 处理最高,较 100% N 量普通

尿素增收 1 260 元/hm²,增幅达 4.7%。控释尿素减施量超过 20% 水稻产值较农民习惯 100% N 量普通尿素均降低,说

表 3 不同施肥处理对水稻经济效益的影响
Table 3 Effects of different fertilizer treatment on economic benefit of rice

处理 Treatment	产值 Output value 元/hm ²	肥料成本 Fertilizer cost 元/hm ²	施肥人工 Labor cost of applying fertilization 元/hm ²	纯收入 Net income 元/hm ²	产投比 Ratio of output to input
①	26 614	1 465	450	24 699	13.9
②	27 874	1 609	150	26 115	15.8
③	25 679	1 519	150	24 010	15.4
④	25 214	1 429	150	23 635	16.0
⑤	23 719	1 339	150	22 230	15.9

注:水稻单价 2.8 元/kg;N 3.2 元/kg;控释 N 5.0 元/kg;P₂O₅ 5.6 元/kg;K₂O 4.5 元/kg;施肥人工 150 元/(hm²·次)
Note:Rice price was 2.8 yuan/kg,N price was 3.2 yuan/kg,controlled-release urea price was 5.0 yuan/kg,P₂O₅ price was 5.6 yuan/kg,K₂O price was 4.5 yuan/kg,Labor cost of one time applying fertilization was 150 yuan/hm²

表3 不同处理对组培苗生根的影响

Table 3 Effects of different treatments on rooting of tissue culture seedling

处理 Treatments	生根时间 Rooting time d	生根率 Rooting percentage// %	根数 Root number// 条	根长 Root length cm
G ₁	11	86.7 c	1.8 d	2.2 d
G ₂	7	93.3 b	2.4 c	3.8 b
G ₃	5	100 a	4.4 a	5.2 a
G ₄	7	100 a	2.5 c	4.1 b
G ₅	9	90.7 b	2.0 d	1.9 d
G ₆	7	92.0 b	2.6 c	2.3 d
G ₇	6	100 a	3.5 b	3.5 c
G ₈	7	94.7 b	2.4 c	3.0 c

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)
Note: Different small letters within the same column mean significant differences($P < 0.05$)

3 结论与讨论

通过对6种不同消毒方法进行比较发现,不同消毒剂的
处理时间对软枣猕猴桃外植体的消毒效果有较大影响,5%
NaClO 8 min + 0.1% HgCl₂ 6 min 或 9 min, 5% NaClO 10 min
+ 0.1% HgCl₂ 6 min 这3个处理为外植体适宜消毒方法;在
增殖培养过程中,WPM + 6-BA 3.0 mg/L + NAA 0.2 mg/L
为腋芽增殖最佳培养基,低浓度的NAA对丛生芽的诱导有

(上接第84页)

明控释尿素减施一定量水稻产值不减少,超过此合理减施量
水稻产值较常规尿素均降低。虽然控释尿素成本较普通尿
素高,但其一次性基施降低了人工追肥成本,减施20%水稻
纯收入较普通尿素增加1 416元/hm²,增幅达5.7%。产投
比施用控释尿素各处理均高于普通尿素。可见水稻生产上
控释尿素减施一定量能够有效提高水稻产量和经济效益,达
到节本增效的目标,以控释尿素减施20%效果最佳。

3 结论与讨论

鉴于控释氮肥的高肥力和长肥效作用,有研究认为在减
量施用控释氮肥的条件下依然可达到稳产甚至高产的作用,
这对于成本控制具有现实意义^[11]。该试验结果表明,控释
尿素减氮20%水稻产量显著高于普通尿素分次施用,这与鲁
艳红等^[12]在早稻上的研究结果即包膜控释尿素较常规尿
素减氮15%和30%均增产一致。且通过提高水稻产量构成中
的有效穗和穗实粒数可提高产量,这与谢春生等^[13]研究认
为一次性施用控释肥增加了水稻成穗数、穗粒数从而实现增
产结果一致。

虽然控释尿素成本较普通尿素高,但适当减量施用可以
有效降低施肥成本,另外控释尿素作为基肥一次性施用有效
降低分次追肥人工成本,水稻产量的增加和施肥成本的降低
足以弥补肥料价格高产生的不足,纯收入控释尿素减量20%
较100%N量普通尿素增收5.7%,达到节本增效的目标。

综合考虑水稻产量效应及经济效益,在该试验条件下或

促进作用,浓度过高会对诱导有抑制作用;在生根培养过程
中,WPM + NAA 0.3 mg/L为最佳生根培养基,在提高生根时
间和生根率方面,适宜浓度的IBA和NAA均能达到良好的
效果,但在促进根数及根长方面NAA效果优于IBA。

目前,国内外已有许多软枣猕猴桃优良品种的人工繁殖
及栽培获得成功。我国具有丰富的野生软枣猕猴桃品种资
源,但这些品种人工繁殖并开发利用的极少。软枣猕猴桃的
开发利用研究还需要进一步的努力。该研究建立了软枣猕
猴桃“寒玉1号”的高效植株再生体系,为软枣猕猴桃及其优
良品种的开发利用和工厂化育苗奠定了基础。

参考文献

[1] 苍晶,王学东,张达,等. 软枣猕猴桃果实生长发育的研究[J]. 东北农
业大学学报,2004,35(1):77-83.
[2] 王占勤,米建海,纪虎娃,等. 野生软枣猕猴桃果实品质初步研究[J].
山西林业科技,2011,40(3):26-27.
[3] 朴一龙,赵兰花. 延边地区软枣猕猴桃资源分布和开发利用前景[J].
延边大学农学报,2009,31(1):32-35.
[4] 张伟庆,李红莉. 软枣猕猴桃播种栽培技术初探[J]. 林业勘查设计,
2009(3):100-101.
[5] 龙茹,秘树青,王子华,等. 外源激素对软枣猕猴桃硬枝扦插生根的影
响[J]. 河北科技师范学院学报,2010,24(2):12-15.
[6] 顾地周,高捍东,王玉方,等. 基于均匀设计法优化长白瑞香离体培养
及种质试管保存体系[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2011,42
(1):23-29.

与该试验类似的生态区域,水稻一次性基施减氮20%的控释
尿素较普通尿素取得显著的增产效应,并且有利于提高水稻
经济效益。

参考文献

[1] 侯云鹏,杨建,李前,等. 施氮对水稻产量、氮素利用及土壤无机氮积累
的影响[J]. 土壤通报,2016,47(1):118-124.
[2] 马立珩,张莹,隋标,等. 江苏省水稻过量施肥的影响因素分析[J]. 扬
州大学学报(农业与生命科学版),2011,32(2):48-52,80.
[3] 刘红江,郭智,郑建初,等. 太湖地区氮肥减量对水稻产量和氮素流失
的影响[J]. 生态学杂志,2017,36(3):713-718.
[4] 杨梢娜,俞巧钢,叶静,等. 施氮水平对杂交晚粳“浙优12”产量及氮素
利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(5):1120-1125.
[5] 邢光熹,施书莲,杜丽娟,等. 苏州地区水体氮污染状况[J]. 土壤学
报,2001,38(4):540-546.
[6] 汪华,杨京平,金洁,等. 不同氮素用量对高肥力稻田水稻-土壤-水
体氮素变化及环境影响分析[J]. 水土保持学报,2006,20(1):50-54.
[7] 苑俊丽,梁新强,李亮,等. 中国水稻产量和氮素吸收量对高效氮肥响
应的整合分析[J]. 中国农业科学,2014,47(17):3414-3423.
[8] 李敏,郭熙盛,叶舒娅,等. 硫膜和树脂膜控释尿素对水稻产量、光合特
性及氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(4):
808-815.
[9] 王晓琪,陈家辉,陈宝成,等. 控释尿素不同比例配施对水稻生长及土
壤养分的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(4):178-182.
[10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,
2000.
[11] 侯红乾,黄永兰,冀建华,等. 缓/控释肥对双季稻产量和氮素利用率
的影响[J]. 中国水稻科学,2016,30(4):389-396.
[12] 鲁艳红,聂军,廖育林,等. 不同控释氮肥减量施用对双季水稻产量和
氮素利用的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(2):155-161.
[13] 谢春生,唐桂虎,徐培智,等. 一次性施用控释肥对水稻植株生长及产
量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(2):177-182.